

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektrotechniky

**Rozbor a návrh rekonstrukce rozváděče HRM 400V
pole č. 2 až 19**

**Analysis and Design of Reconstruction
of Low-voltage Switchgear and Controlgear
Assemblies HRM 400V Fields No. 2 - 19**

2012

Marek Schulhauser

Zadání bakalářské práce

Student:

Ing. Marek Schulhauser

Studijní program:

B2648 Projektování elektrických zařízení

Téma:

Rozbor a návrh rekonstrukce rozvaděče HRM 400 V pole č. 2 až 19
Analysis and Design of Reconstruction of Low-voltage Switchgear and
Controlgear Assemblies HRM 400V Fields No. 2 - 19

Zásady pro vypracování:

Cíle:

Student provede teoretický rozbor a navrhne nové řešení výstroje stávajícího rozvaděče s ohledem na selektivitu jištění a zkratové proudy. Je požadován samostatný chod transformátoru pro sekci i možnost paralelního chodu transformátoru.

Obsah práce:

1. Zjištění a analýza stávajícího stavu, zhodnocení stávajícího stavu jištění sekundárního vinutí přírodních transformátorů, jištění jednotlivých vývodu z rozvaděče, jištění v podružných rozvaděčích, zapracování všech požadavků zadavatele.
2. Stanovení zkratových proudů výpočtem s použitím SW Sichr jak pro samostatný transformátor, tak i při paralelním chodu.
3. Navržení nového jištění, technická specifikace jisticích prvků OEZ Letohrad.
4. Zakreslení navrhovaného stavu v prostředí EPLAN Electric P8 verze 2.0 (nebo novější) – Select, AutoCAD LT2011 (nebo novější), včetně tisku výstupních sestav
5. Provedení ekonomické rozvahy díla v uvažovaných cenách období 2011/12

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] ČSN EN 61439-1 Rozvaděče nízkého napětí - Část 1: Typově zkoušené a částečně typově zkoušené rozvaděče
 - [2] ČSN EN 61439-2 Rozvaděče nízkého napětí - Část 2: Výkonové rozvaděče
 - [3] ČSN 341610 Elektrotechnické předpisy ČSN. Elektrický silnoproudý rozvod v průmyslových provozovnách
 - [4] ČSN EN 60909-0 Zkratové proudy v trojfázových střídavých soustavách - Část 0: Výpočet proudů
 - [5] Příručka silnoproudé elektrotechniky, Josef Heřman a kol., SNTL 1986
 - [6] Příručka zapojení, Spínací a řídicí přístroje nn, Moeller Elektrotechnika s.r.o., 2001
 - [7] <http://www.oez.cz> - OEZ s.r.o.
 - [8] Katalog OEZ: Modulární přístroje MINIA
 - [9] Katalog OEZ: Vzduchové jističe ARION WL
 - [10] Katalog OEZ: Pojistkové systémy VARIUS
 - [11] Katalog OEZ: Kompaktní jističe Modeion
 - [12] ČSN 332000-4-41 ed. 2 Elektrické instalace nízkého napětí – Část 4-41: Ochranné opatření pro zajištění bezpečnosti – Ochrana před úrazem elektrickým proudem
 - [13] ČSN EN 61082-1 ed. 2
- Zhotovování dokumentů používaných v elektrotechnice – Část 1: Pravidla

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Vítězslav Stýskala, Ph.D.**

Datum zadání: 18.11.2011

Datum odevzdání: 04.05.2012



doc. Ing. Vítězslav Stýskala, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Čestné prohlášení

„Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.“

V Ostravě 4. května 2012

Marek Schulhauser

Marek Schulhauser

Poděkování

Děkuji vedoucímu mé bakalářské práce doc. Ing. Vítěslavu Stýskalovi, Ph.D. za pedagogickou a odbornou pomoc při vypracování této práce.

Ing. Marek Schulhauser
Sosnová 360
739 61 Třinec

Vážený pan
Ing. Petr Matuszek
Průmyslová 1024
739 65 Třinec-Staré Město

Třinec 9. května 2011

Žádost o prohlášení zástupce spolupracující právnické osoby

Vážený pane řediteli,

dovoluji si Vás zdvořile požádat o prohlášení, že firma souhlasí s tématem zadání mé bakalářské práce a poskytne potřebné podklady a případnou odbornou pomoc a zařízení k jejímu naplnění.

Obracím se na Vás se žádostí, z výše uvedených důvodů svého studia:

Vysoká škola báňská – Technická universita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Oborová katedra: 420 – Katedra elektrotechniky
Studijní program (obor): B2648 – Projektování elektrotechnických zařízení.

Bakalářskou práci na téma: Rozbor a návrh rekonstrukce rozvaděče HRM 400 V pole č. 2 až 19

Cíle: Student provede teoretický rozbor a navrhne nové řešení výstroje stávajícího rozvaděče s ohledem na selektivitu jištění a zkratové proudy. Je požadován samostatný chod transformátoru pro sekci i možnost paralelního chodu transformátoru.

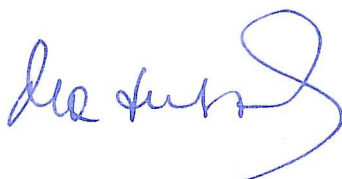
Obsah práce:

1. Zjištění a analýza stávajícího stavu, zhodnocení stávajícího stavu jištění sekundárního vinutí přívodních transformátorů, jištění jednotlivých vývodů z rozvaděče, jištění v podružných rozvaděčích, zapracování všech požadavků zadavatele.
2. Stanovení zkratových proudů výpočtem s použitím SW Sichr jak pro samostatný transformátor, tak i při paralelním chodu.
3. Navržení nového jištění, technická specifikace jisticích prvků OEZ Letohrad.
4. Zakreslení navrhovaného stavu v prostředí EPLAN Electric P8 verze 2.0 (nebo novější) – Select, AutoCAD LT2011 (nebo novější), včetně tisku výstupních sestav
5. Provedení ekonomické rozvahy díla v uvažovaných cenách období 2011/12

budu zpracovávat ve školním roce 2011 – 2012.

Za vyřízení mé záležitosti Vám upřímně děkuji.

S pozdravem



Marek Schulhauser

Gouklas: O

Abstrakt

Předmětem bakalářské práce „Rozbor a návrh rekonstrukce rozváděče HRM 400V pole č. 2 až 19“ je zjištění a analýza stávajícího stavu jištění, návrh nového řešení výstroje stávajícího rozváděče s ohledem na selektivitu jištění mezi jištěním sekundárního vinutí napájecích transformátorů, vývodového jištění rozváděče HRM 400V a přívodního jištění v podružných rozváděčích. Dále je vypracovaná technická specifikace, ekonomická rozvaha a výpočetem v programu Sichr verze 12.00 jsou stanoveny zkratové proudy jak pro samostatný transformátor, tak pro paralelní chod. V přílohách je zakreslené jednopólové schéma rozváděče HRM 400V, pohled na rozváděč, schéma hlavních a pomocných obvodů. Navrhovaný stav byl zakreslený v prostředí EPLAN Electric P8 verze 2.1 a AutoCad LT 2012.

Klíčová slova

jištění, rozpočet, rozváděč, rozvaha, selektivita jištění, technická specifikace, zkratový proud

Annotation

The subject of the bachelor thesis "Analysis and Design of Reconstruction of Low-voltage Switchgear and Assemblies HRM 400V Field No. 2 - 19" is the identification and analysis of the current protection, the design a new solution of the present equipment low-voltage switchgear with regard to the selectivity protection among current protection of the secondary windings of power transformers, feeder protection of low-voltage switchgear HRM 400V and main protection in the secondary switchgears. There is also drawn up the technical specification, the economic calculation, the balance sheet and the calculation of short-circuit currents which is worked up with the software Sichr version 12.00 for a separate transformer and for parallel transformers. In the supplement is draw a single-line design of HRM 400V switchgear, the view at the low-voltage switchgear, drawings of the main and control circuits. The documentation of the new solution was drawn in the EPLAN Electric P8 version 2.1 and in the AutoCAD LT 2012.

Keywords

Current Protection, Economic Calculation, Low-voltage Switchgear, Balance Sheet, The Protection in the Subdistribution Assemblies, Technical Specification, Short-circuit Current

Seznam použitých symbolů a zkratek

AC	- střídavý proud
DC	- stejnosměrný proud
HSV	- hlavní stavební výroba
HZS	- hodinová zúčtovací stavba
I_{cm}	- jmenovitá zkratová zapínací schopnost
I_{cn}	- jmenovitá zkratová vypínací schopnost
I_{cs}	- jmenovitá provozní zkratová vypínací schopnost
I_{cu}	- jmenovitá mezní zkratová vypínací schopnost
I_i	- proud zkratové spouště
$I_k^{“}$	- počáteční rázový zkratový proud
I_n	- jmenovitý proud
i_o	- zkratový proud omezený jisticím prvkem
i_p	- nárazový zkratový proud
I_R	- redukováný proud
I_r	- redukováný proud
I_{rm}	- zkratový proud spouště
I_v	- výpočtový proud
I_Z	- dovolené zatížení krajního vodiče
I_{2k}	- efektivní hodnota zkratového proudu sekundárního obvodu transformátoru
NUS	- náklady na umístění stavby
OSHO	- obvodové schéma hlavních obvodu
OSPO	- obvodové schéma pomocných obvodu
PSV	- pomocná stavební výroba
S	- zdánlivý výkon transformátoru
S_A	- zdánlivý výkon transformátoru A
S_B	- zdánlivý výkon transformátoru B
t_r	- zpoždění tepelné spouště
u_k	- napětí na krátko
u_{ka}	- napětí na krátko transformátoru A
u_{kb}	- napětí na krátko transformátoru B
ZRN	- základní rozpočtové náklady
„M“	- montáže
η_s	- využití skupiny

Obsah

Úvod.....	10
1. Představení společnosti.....	11
2. Stávající stav.....	12
2.1 Určení vnější vlivy.....	14
3. Analýza stávajícího stavu.....	16
4. Návrh změn na základě požadavku zadavatele.....	20
5. Sichr – výpočtový program paprskových sítí nn.....	23
5.1 Zkratové proudy.....	23
5.2 Ověření zkratového proudu výpočtem.....	25
5.3 Omezení zkratových proudů.....	27
5.4 Paralelní chod transformátorů.....	28
5.5 Vypínací a zapínací schopnost.....	28
5.6 Selektivita jištění.....	29
5.7 Výběr a nastavení nadproudových spouští.....	30
6. Ověření selektivity v programu Sichr.....	30
6.1 Dimenzování kabelů.....	34
7. Rozpočet.....	35
7.1 Technická specifikace.....	35
7.2 Údaje z krycího listu rozpočtu.....	36
8. Rozvaha.....	37
8.1 Modernizace.....	38
8.2 Oprava	39
9. Analýza bakalářské práce.....	40
10. Závěr.....	41
11. Seznam použité literatury a zdrojů.....	42
12. Seznam příloh.....	44

Úvod

Za téma práce bylo zvolená rekonstrukce rozváděče HRM400V. Je to hlavní rozváděč na úrovni 400V AC pro vlastní spotřebu teplárny E2. Rozváděč lze rozpojit do čtyřech sekcí a je napájen ze čtyřech transformátorů T1 až T4. V případě potřeby lze připojit transformátor T5 přes rozvodnu kompresorů. Rozváděč má hlavní a pomocné sběrné, pomocí kterých lze zvolit způsob napájení rozváděče. Rozváděč je situovaný v rozvodně se stejným označením na úrovni +0,0m v budově Teplárny E2 v areálu Třineckých železáren. Jeho vlastníkem je firma ENERGETIKA TŘINEC, a. s.

Zadání tématu bakalářské práce pochází z firmy ENERGETIKA TŘINEC, a. s. a je realizovaný pro ni. Při zpracování tématu bylo přihlíženo k dalším požadavkům zadavatele, které byly požadované během odborných diskuzí se zástupci zadávající firmy.

Nejdříve je představená firma ENERGETIKA TŘINEC, a. s., následně je zjištěný stávající stav, který je analyzovaný a jsou do něj zapracovány požadavky zadavatele. Výsledkem bylo sestavení návrhu změn. Navrhované změny v oblasti jištění byly ověřovány v programu Sichr. Ověřovaly se zkratové proudy pro jeden transformátor i pro paralelní chod transformátorů, selektivita jištění v rozváděči HRM400V vzhledem k sekundárnímu jištění transformátorů, tak i vzhledem k hlavním jističům v podružném rozváděči a nadproudy ve stávajících vývodních kabelech. Zkratové proudy získané z programu Sichr byly porovnány s vypočtenými hodnotami. Dále byla vypracována technická specifikace a rozpočet v cenách za rok 2012. Ceny z rozpočtu byly promítnuty do souvisejících položek ekonomické rozvahy. Na závěr byla provedena analýza vlastní bakalářské práce. Přílohy k bakalářské práci se skládají z jednopólového schéma rozváděče, pohledu na jednotlivá pole, včetně OSHO a OSPO a technické specifikace.

1. Představení společnosti

ENERGETIKA TŘINEC, a. s. je tuzemská právnická osoba, se sídlem Třinec – Staré Město 1024, PSČ 739 65. Společnost je součástí podnikatelského seskupení – koncernu. Ovládající osoby jsou: TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY, a. s., MORAVIA STEEL, a. s., FINITRADING, a. s. Společnost vznikla dne 3. ledna 1994, při rekonstrukci, vyčleněním divize Energetika z hutního podniku Třinecké železárny a. s. Jediným akcionářem s podílem 100 % na základním kapitálu jsou TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY, a. s. Společnost je rozdělena na dva provozy (Tepelná energetika, Teplárny), dva úseky (Technický, Finanční a obchodní) a jeden odbor (Strategie). Společnost v roce 2010 průměrně evidovala 370 zaměstnanců a při realizaci oprav a údržby spolupracovala přibližně s 200 firmami. [3]

Předmětem podnikání ENERGETIKY TŘINEC, a. s. je zejména výroba a distribuce elektrické energie, výroba a rozvod tepelné energie (horké vody, technologické páry) a distribuce plynu (dmýchaný a stlačený vzduch, zemní plyn, tepelné plyny získané jako vedlejší produkt při hutní výrobě). ENERGETIKA TŘINEC, a. s. dodává elektrickou energii, tepelnou energii a plyny zejména pro hutní a strojírenskou technologii své mateřské společnosti, dále pak společností působících v areálu Třineckých železáren a zásobuje město Třinec a blízké okolí teplem. [3]

Provoz tepelná energetika se dělí na tři střediska. Středisko vodního hospodářství – zajišťuje provoz čtyř vodáren a dodává průmyslovou vodu pro technické potřeby TŘINECKÝCH ŽELEZÁREN, a. s. Povrchová voda se odebírá z řeky Olše a z Těrlické přehrady. Středisko dále upravuje koupelnovou vodu, nakupuje pitnou vodu od SmVaK. Dále provozuje kanalizační řády odpadních a splaškových vod. Středisko vzduchového hospodářství vyrábí a distribuje stlačený vzduch pro TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY, a.s. Středisko plynového hospodářství upravuje a distribuje topné plyny (koksárenský, konventorový, vysokopecní). Současně nakupuje a distribuje zemní plyn. Provoz tepelná energetika dále provozuje ústřední sklad olejů, úsek horkovodu (dodávky tepla z tepláren E2 a E3 pro areál Třineckých železáren a město Třinec), výměňkové stanice a rozmrazovny uhlí. [3]

Provoz teplárny se dělí na čtyři střediska. Středisko teplárny E2 vyrábí na čtyřech kotlích, o celkovém tepelném výkonu 233MW_t , vysokotlakou páru. Využívají se hutní plyny a zemní plyn.

Pro výrobu elektrické energie jsou použity dva turbogenerátory o celkovém instalovaném výkonu $39,5\text{MW}_e$. Středisko dále distribuje středotlakou páru, stlačený vzduch a provozuje výměňkové stanice. Středisko teplárny E3 vyrábí vysokotlakou páru ve dvou fluidních a jednom granulačním kotli o celkovém tepelném výkonu 347MW_t . Pro výrobu elektrické energie jsou použity čtyři turbogenerátory o celkovém instalovaném výkonu 62MW_e . Středisko dodává dmýchaný vzduch pro vysoké pece a provozuje výměňkové stanice. Středisko elektrorozvodu zajišťuje distribuci elektrické energie a to jak vlastní, tak nakoupené. Nákup elektrické energie lze realizovat prostřednictvím tří vysokonapěťových rozvodů. Středisko Chemická úprava vod vyrábí demineralizovanou vodu pro kotle v teplárnách E2, E3 a zajišťuje distribuci chladicí vody. [3]

2. Stávající stav

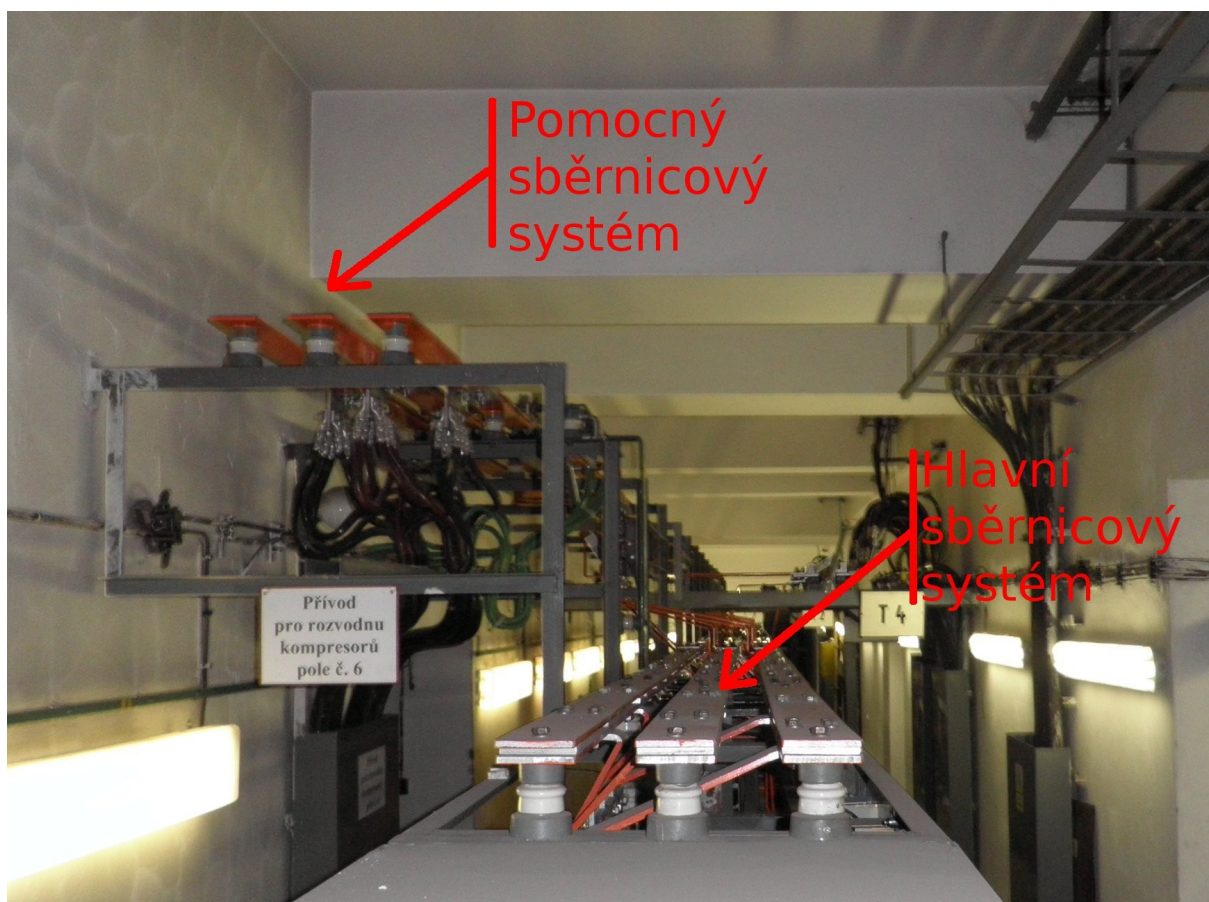
Stávající rozváděč HRM400V je situován v areálu Třineckých železáren v budově teplárny E2 na úrovni +0,0m. Budova je ve vlastnictví ENERGETIKY TŘINEC, a. s. Rozváděč HRM400V je hlavním rozváděčem vlastní spotřeby na úrovni 400V AC. Rozváděč lze napájet ze čtyřech traf 6/0,4kV, 1MVA. Stupeň důležitosti dodávky elektrické energie pro rozváděč HRM400V podle ČSN 341610 byl stanoven stupněm důležitosti 3. Rozváděč má krytí IP00 a do rozvodny je vstup povolen pouze kvalifikovaným osobám a to včetně osobám provádějící úklid. Rozváděč HRM400V má 19 polí.



Obr. 1 - Pohled na rozváděč HRM400V

Z toho první pole je samostatné a není náplní této bakalářské práce. Základem každého rozváděčového pole je rám svařený z ocelových L profilů. Rozměry jednotlivých polí (2 až 19) jsou 2100 x 1200 x 700mm (výška, šířka, hloubka). Ze předu je rozváděč kryt plechovými kryty nebo dvířky v horní části. V zadní části je kryt deskovými nebo tyčovými zábranami. Rozváděč je připojený k uzemňovací soustavě teplárny zemnicím páskem FeZn 30x4mm. Nad rozváděčem jsou dva sběrníkové systémy hlavní a pomocný (2x Al 100 x 10mm). Hlavní sběrníkový systém je dělený

na čtyři sekce. Tato sběrnice lze rozpojit v poli č. 6, 11, 16. Pole pro podélné dělení hlavního sběrnicevého systému je vybavené dvěma odpojovači 3000A a jedním jističem (BL1600 nebo ARION WL). Záskokový (pomocný) sběrnicevý systém je vybavený šesti podélnými a příčnými odpojovači. Dalšími čtyřmi odpojovači lze připojit čtyři transformátory T1 až T4 (6/0,4kV, 1MVA). Transformátory T1 až T4 mají sekundární stranu jištěnou jističem BL1600SE320 se spouští SE-BL-1600-MTV8 s nastavenými parametry $I_r = 1445\text{A}$, $t_r = 15\text{s}$ (M) a $I_m = 11\text{kA}$. Ke sběrnám rozváděče je vedený vývod 6x AYKY 3x240mm². Transformátor T4 se využívá jako záskokový transformátor, který je připojen na záskokové sběrnice, které lze pomocí odpojovačů připojit ke kterékoliv sekci, nebo pomocí okružního kabelového vedení připojit k rozvodně kompresorů. Rozváděč HRM400V lze v havarijním režimu napájet z transformátoru T5 (1000kVA, 6/0,4kV) přes rozvodnu kompresorů okružním kabelovým vedením. Kterákoliv dvojice z transformátoru T1 až T5 lze v případě potřeby využít pro paralelní napájení sekce v rozváděči HRM400V. Odpojovače lze ovládat ručně pomocí odnímatelné manipulační tyče, jističe lze zapínat pomocí páky na jističi nebo tlačítka umístěnými na jističi. Stav jističe lze poznat podle polohy páky jističe, nebo v některých případech podle ukazatelů stavu jističe umístěné na přístroji. Orientační zjištění zda je sekce pod napětím lze zjistit odečtem z voltmetrů v polích 6, 11 a 16. Tyto měřicí přístroje neslouží pro ověřování beznapětového stavu. V jednotlivých polích jsou instalované jeden až tři silové vývody. Jednotlivé vývody jsou realizované pomocí pojistkového odpínače a jističe, nebo pomocí odpojovače a jističe.



Obr. 2 - Pohled na hlavní sběrnicevý systém nad rozváděčem HRM400V a pomocný pod stropem rozvodny

Pro rozváděč HRM400V je vypracovaná revizní zpráva s evidenčním číslem 3616/7/04/R-EZ-E1B s datem vypracování 29. 01. 2007. Příští revize bude vypracovaná v roce 2012. Revize svým rozsahem pokrývá větší rozsah než je rozváděč HRM400V pole 2 až 19. K tématu práce se dotýkaly pouze doporučení montáže ochranné tyče do spodních částí poli kde došlo k výměně jističů, nasazení chybějící tyče a odstranění ochranných krytu umístěných v rozvodně, nesouvisejících s rozváděči v rozvodně.

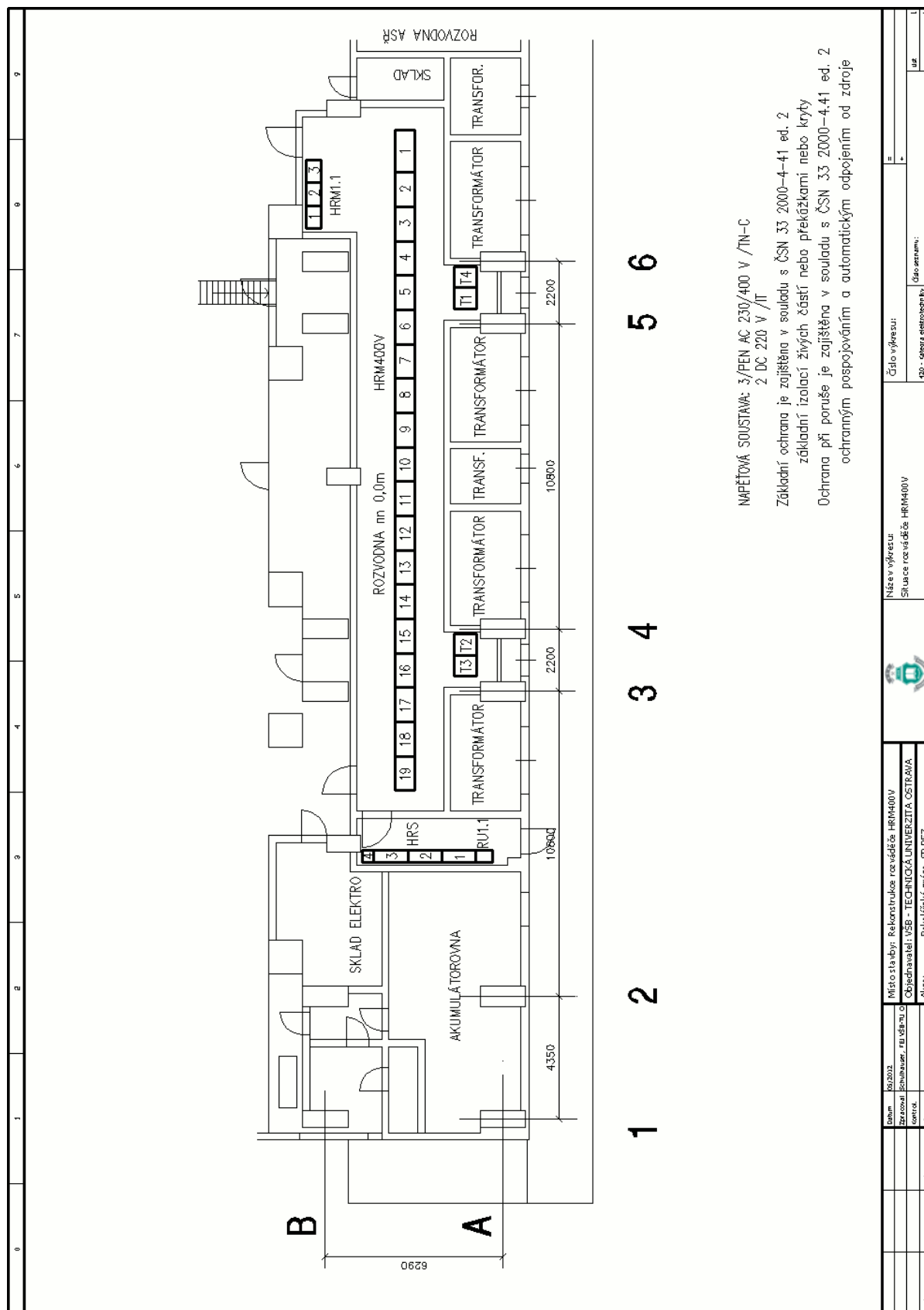
2.1 Určení vnější vlivy

Pro objekt ENERGETIKA TRINEC, a. s. Teplárna E2 byl vypracovaný protokol č. 1/E2/2010 o určení vnějších vlivů, vypracovaný odbornou komisí v Třinci dne 23. 9. 2010. V tomto protokolu jsou určené vnější vlivy v rozvodně takto:

Tabulka 1: Vnější vlivy dle protokolu v rozvodně HRM400V

Vnější vlivy	Výskyt vnějších vlivu
Teplota okolí	AA5
Atmosferické podmínky	AB5
Nadmořská výška	AC1
Výskyt vody	AD1
Výskyt cizích pevných těles	AE1
Výskyt korozivních nebo znečišťujících látek	AF1
Mechanické namáhání - ráz	AG1
Mechanické namáhání - vibrace	AH1
Výskyt rostlin a plísní	AK1
Výskyt živočichů	AL1
Elektromagnetická, elektrostatická nebo ionizující působení	AM1
Sluneční záření	AN1
Seizmické účinky	AP1
Bouřková činnost	AQ1
Pohyb vzduchu	AR1
Schopnost osob	BA4, BA5
Dotyk osob s potenciálem země	BC1, BC2
Podmínky úniku v případě nebezpečí	BD1
Povaha zpracovávaných nebo skladovaných látek	BE1
Stavební materiály	CA1
Konstrukce budov	CB1

Rozhodnutí: Z hlediska nebezpečí úrazu elektrickým proudem jsou stanovené prostory normální. [7]



Obr. 3 - Situace rozváděče HRM400V [9]

3. Analýza stávajícího stavu

Využití rozváděče HRM400V lze rozdělit na základní (období uplatňování zimních opatření) a „letní“ provoz (viz. obr 1 a 2), kdy se využívají chladicí věže a vzrostou požadavky na odběr elektrické energie. Při spouštění větších pohonů se paralelně připojuje další transformátor na dobu přibližně půl hodiny. Pojistkové odpínače jsou použity z důvodu omezení zkratových proudů a v případě potřeby k zajištění beznapěťového stavu na vývodu. Odpojovače jen pro zajištění beznapěťového stavu. Jističe v poli 6 a 16 využívající se k rozpínání a spínání sekcí nejsou vybaveny nadproudovou spouští, ale blokem odpínače. Jističe jsou v pevném provedení a nelze je při zajištění vývodu vysunovat pro viditelné rozpojení. Silové svorky jsou umístěny u těch vývodů, kde došlo k výměně jističe a stávající kabel nešel připojit přímo na přípojovací sadu nového jističe. V případě rozváděče HRM400V je použita napěťová soustava pro silové obvody 3/PEN AC 230/400V /TN-C a 2 DC 220V /IT pro ovládací obvody. TN-C je síť uzemněným uzlem zdroje a s neživými částmi spojenými s uzemněným bodem sítě ochranným vodičem. Funkce ochranného a středního vodiče je v celé síti sloučena do jediného vodiče. Tato soustava se používá v tomto rozvaděči z historických a ekonomických důvodů. V době výstavby teplárny i instalování rozváděče HRM400V se v průmyslových rozvodech používaly sítě TN-C a IT. U větších výkonů a propojování průmyslových rozváděčů se i dnes často využívá soustava TN-C z ekonomických důvodů.



Obr. 4 - Pohled na zadní část 14. pole rozváděče HRM400V, viditelná je rámová konstrukce a zábrany

Soustava TN-C umožňuje využít v elektroinstalaci kabel 1-AYKY 3x 240 + 120mm², bez toho aniž by se souběžně musel vést vodič N. Při změně soustavy na TN-S by přibyla další sběrna a to i v podružných rozváděčích, dále by se rozsáhle musela upravovat kabeláž v celé budově teplárny i v některých okolních budovách, včetně okružních, záložních kabelových rozvodů, což by bylo ekonomicky velmi náročné. Pro ovládací napětí rozváděče je využito stávající napájení napětím 220V DC. Při zprovoznění tohoto rozváděče v roce 1992 se pro napájení ovládacích obvodů využívalo napětí 110V DC. Poslední jistič který byl využit jako přívodní jistič pro toto, dnes už odpojené napětí, je rušený až při této modernizaci. Po modernizaci bude ovládací napětí využito jen pro napájení měření frekvence na sběrníkovém systému.

Ochrana před úrazem elektrickým proudem je u rozváděče HRM400V zajištěna v souladu s ČSN 332000-4-41 ed. 2: základní ochrana izolací živých částí, nebo přepážkami, nebo kryty; ochrana při poruše je zajištěná automatickým odpojením od zdroje.

Z rozváděče HRM400V jsou napájené podružné rozváděče. Tyto rozváděče jsou rovněž navzájem pospojované okružním kabelovým vedením. Kabelové vodiče jsou stávající a nejsou předmětem této práce. V budově teplárny E2 jsou umístěny tyto podružné rozváděče napájené z rozváděče HRM400V na úrovni +0,0m jsou to HRS, RM7, RM11, RM31, RM8, RM10 (rozdávěč je opravován, v současnosti se nevyužívá), RM13, na úrovni +7,0m to jsou RM3, RM4, RM6, RM9, 2BJB, RM2, RM26, na úrovni +22,5m je to rozváděč RM12 a mimo budovu teplárny je to rozváděč RM19, který je situován u chladících věží.

Řešení ochrany před rušivými vlivy dle požadavku EMC, kompenzace účinníku, filtrace vyšších harmonických není náplní této práce. Kabel měření WL116 (frekvence na sběrnách rozváděče) je vedený odděleně od silových kabelů. Jiný sdělovací kabel není v rozváděči nainstalovaný.

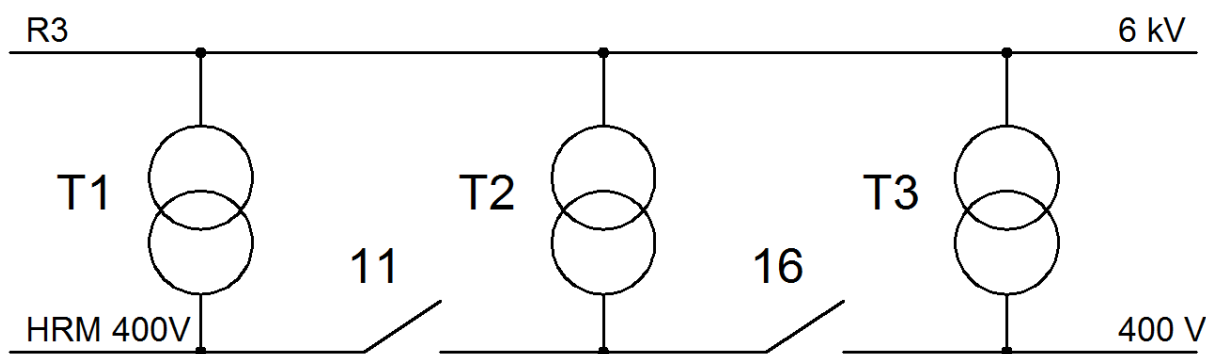
Pro rozváděč HRM 400V jsou vypracovány Místní provozní předpis s účinností od 1. 2. 2012 a s datem plánované revize 1. 2. 2015 NN rozvodny na středisku Teplárna 2. Část B: Místní provozní řád pro nn rozvodny na E 2, kapitola B1: Místní provozní řád pro rozvodnu 400V vlastní spotřeby na E 2. Tento předpis mimo jiné řeší možnost paralelního chodu transformátoru napájející sekce rozváděče HRM400V. Předpis vyžaduje v případě paralelního chodu při kombinaci z transformátoru T1 až T4 odpojit okružní kabelové vedení.

Ochrana před přepětím není řešena v rozváděči HRM400V v souladu s požadavky zadavatele. Je řešena na primární straně napájecích transformátorů a ve vybraných podružných rozváděčích.

Druhy provozu rozváděče HRM400V:



Obr. 5 - Základní provoz, období uplatňování zimních opatření



Obr. 6 - Letní provoz, období kdy nejsou uplatňována zimní opatření (větší odběr – chladicí věže)

Poznámka: Transformátor T4 může být použitý jako záskok transformátoru T1 nebo T2.
Transformátor T2 může být použitý jako záskok transformátoru T1 jen v zimě.

Je vypracovaný seznam zimních opatření, které vznáší různé požadavky na různá zařízení po různou dobu. Část opatření se vztahuje k rozváděči HRM400V. Definování začátku období zimních opatření, které mají vztah k rozváděči HRM400V je dáno dvěma podmínkami. První podmínkou je pokles nočních teplot na hodnotu 0 °C, tuto teplotu hlídá řídicí systém, na dvou referenčních místech. Druhá podmínka je schválení začátku tohoto období vedoucím směny. Odvolat období zimních opatření může technolog a vedoucí střediska E2.

Rozváděč HRM400V nejde za provozu odstavit a nahradit novým. Odstávku rozváděče HRM400V nelze realizovat bez rozsáhlých odstávek technologických zařízení. Jinou možností je modernizovat rozváděč postupně po jednotlivých polích, kdy se pro zajištění dodávky elektrické energie pro jednotlivá technologická zařízení využívá druhý přívod z jiného pole. Tento postup, ale neumožní opravu, nebo rekonstrukci na sběrnicovém systému a na základních rámech rozváděče.

Při postupné rekonstrukci jednotlivé firmy vypracují dokumentaci jen v rozsahu dané opravy nebo rekonstrukci a u daného rozváděče dochází k nárůstu dokumentace, která se navzájem svým rozsahem překrývá a stává se nepřehlednou. V určitých časových intervalech je nutné vypracovat pro stávající zařízení novou dokumentaci zachycující stávající stav.

Práci na téma: rekonstrukce rozváděče HRM400V, jsem zahájil zakreslením stávajícího stavu. Následně jsem se zástupci provozu řešil požadavky na rekonstrukci rozváděče a jejich rozsah. Na několika pracovních schůzkách bylo rozhodnuto, že se vymění zastaralé jisticí prvky, vymění stávající elektroměry za nové včetně sjednocení jejich zapojení a umístění v jednotlivých polích, dále se vymění přístrojové měřicí transformátory proudu využité u elektroměrů, demontují se nevyužité části ovládacích obvodů, demontují nevyužité ovládací kabely, opraví se rozvod ovládacího napětí 220V DC. Dále se ověří dle výpočtu v programu SICHR možnost používat jisticích prvků při paralelním chodu transformátorů a selektivita stávajících a nových jisticích prvků s jistěním v podružných rozváděčů. V závěru práce se zakreslí navrhované změny do stávajícího stavu. Součástí požadavku bylo udržet rozváděč po technické stránce co nejjednodušší, aby v případě poruchy mimo rozváděč HRM400V (krátkodobý výpadek napětí, přechod na ostrovní provoz), nedošlo k navýšení počtu poruch i v rozváděči HRM400V. Kabel WL17 napájení ovládacího napětí do pole 19 není předmětem této práce.

V mé odborné diskuzi se zástupci provozu, včetně příslušného revizního technika, bylo rozhodnuto, nevyužité stávající odpojovače zůstanou zachovány pro možnost připravení dalších vývodu, aniž by muselo dojít k vypnutí napětí na sběrnách rozváděče. Dále se nebude zasahovat do stávajícího sběrníkového systému a nebude se měnit řešení stávajícího krytí rozváděče. V případě potřeby se pouze opraví nebo vymění stávající části krytu, kde zůstaly nevyužité montážní otvory po demontovaném zařízení.

4. Návrh změn na základě požadavku zadavatele

Značení přístrojů uvést do souladu s ČSN EN 61346-2, ČSN EN 61082. Označení přístrojů bude u většiny zařízení změněno z dvoupísmenkového změněné na jednopísmenkové, Např. Fxx.x, kde F znamená pojistkový odpínač, původní značení QF (popřípadě FU) , xx – pořadí pole 2 až 19, x – pořadí vývodu v poli 1 až 3. Kvůli zaměnitelnosti s pojistkovými odpínači F, popřípadě odpojovači Q, jsem ponechal na převažujícím původním značení QF.

Tabulka 2: Přehled značení přístrojů v rozváděči HRM400V

Nové značení	Původní značení	Popis
F	QF, FA	pojistkový odpínač (silový vývod)
Q	QS, -	odpojovač (silový vývod)
QF	QF	vývodový jistič (silový vývod)
T	TA, T	přístrojové transformátory proudu
X	-	svorkovnice na silovém vývodu
P	PJ, Q	elektroměr
XP	-	zkušební svorkovnice elektroměru
PA	PA	ampérmetr
PV	V	voltmetry
FUxx.x	FU, FUE	pojistkový odpínač napětových obvodů elektroměru
FU	FU	pojistkový odpínač v ovládacích obvodech
FA	F, FA	jistič v ovládacích obvodech
K	KA	relé v ovládacích obvodech
XDC	XDC	svorkovnice 220V, DC ovládací obvody

Zvažované bylo značení podle KKS kódu. S novými technologiemi a generálními opravami se ve firmě postupně zavádí KKS kód. Pro tento rozváděč však není stanovený a v rámci této práce, bylo rozhodnuto ho nezavádět.

Způsob značení ve výkresové dokumentaci:

Význam představených znaků:

= **zařízení**

+ **místo**

- **přístroj**

=**HRM400V+POLE2-F4.1**

Úplné označení vývodového pojistkového odpínače F4.1 v rozváděči HRM400V poli 4, vývod č. 1.

Rozváděče, přístroje a kabely musí být označený vhodným způsobem na neodnímatelných částech (štítky, potisky). Označení musí být čitelné a trvale po celou dobu životnosti zařízení.

Výměna proudových traf se provede pouze u vývodu vybavených elektroměrem. Všechny elektroměry budou mít stejné zapojení a budou připojené napěťovými obvody k napětí i při vypnutém vývodovém jističi. Elektroměry budou trojfázové, vymění se stávající elektroměry za nové DHZ x/5A (EEM 34 WS 5A) na DIN lištu (včetně úředního ověření) a každý měřený vývod bude mít tři cejchované přístrojové transformátory třídy 0,5 a jmenovitého výkonu 10 VA. Tyto proudové trafa budou využité u měřených vývodů: 3.2, 5.1, 5.2, 7.2, 8.1, 10.3, 12.3, 14.3, 17.1, 17.3, 18.2, 19.1, 19.2, 19.3. Elektroměry se napěťovými obvody zapojí se mezi vývodový jistič a pojistkový odpínač, elektroměry se natočí pro snadnější odečet displejem ven do zadní části rozváděče, použije se zkušební svorkovnice ZS4 ZPA Smart Energy na DIN lištu. Proudové obvody budou realizované měděným vodičem o průřezu 2,5mm², napěťové obvody budou realizované měděným vodičem o průřezu 1,5mm². Napěťové obvody jsou jištěny pojistkami 6A s charakteristikou gG v pojistkovém odpínači umístěném vedle zkušební svorkovnice.

Požadavky na cejchování elektropřístrojů dle vyhlášky 345/2002 Sb. dle platného znění (285/2011 Sb.), kterou se stanoví měřidla k povinnému ověřování a měřidla podléhající schválení typu:

4.1.3 – Statické elektroměry

b) pro měření elektrické energie ve spojení s měřicími transformátory v úrovni NN je stanovena doba platnosti ověření na 12 roků

4.1.4 – Měřicí transformátory proudu a napětí

a) indukční, používané ve spojení s elektroměry je stanovena doba platnosti ověření bez omezení

Napájení měřiče frekvence realizovat ve stejném poli, v poli 12 použít pojistkový odpínač.

Označení silových a ovládacích kabelů zůstane původní, pouze se doplní chybějící popisové štítky. V případě kolize při rozdílném značení kabelů jsem upřednostňoval značení na straně podružného rozváděče.

Výměna pojistkových odpínačů: QS4.1, QS4.2, QS5.1, FU5.2, QS5.3, QS7.1, QS7.3, QS12.1, QS12.2, QS12.3, QS14.1, QS14.2, QS14.3, QS15.1, QS15.2

Výměna vývodových jističů: QF4.1, QF4.2, QF5.1, FA5.2, QF5.3, QF7.1, QF7.3, QF12.1, QF12.2, QF12.3, QF14.1, QF14.2, QF14.3, QF15.1, QF15.2.

Kromě výše uvedených změn se provede:

V poli 2 zrušit voltmetry V1, V2, přepínače VP1, SA2, vyměnit rozváděčové dvířka za nové a doplnit jistič FA1 pro přívod ovládacího napětí, řadové svorkovnice X1, X2, pojistkovými odpínači FU1, FU2, relé K1. Dále pak demontovat ovládací jističe FA1, FA2, FA3, FA1.2, FA2.2, FA3.2 a svorkovnice X1 a X2. Demontáž nezapojeného kabelu WL4.2.

V poli 3 se zruší propoj napájení k měření frekvence v poli 2. Nově bude zařízení měření frekvence napájené z pole 2. Dále se vymění ampérmetr PA3.2 a demontuje FU3.2, X21, KA1, FU1, FU2 a FU3.

V poli 4 demontovat neoznačený a nezapojený kabel a nezapojený kabelový propoj do pole 9 a vymění se krycího plechu.

V poli 5 se vymění ampérmetry PA5.1 a PA5.2.

V poli 6 demontovat ovládací jističe QF1 a QF2, svorkovnici X3, kabel WL5.1 a vyměnit jeden plechový kryt.

V poli 8 se demontují ovládací jističe FA1 (2x), Q1, FAM1, svorkovnice X2, X3 a kabel WL8_4.

V poli 9 zrušit voltmetry V1, V2, přepínače VP1, VP2 a vyměnit rozváděčové dvířka za nové. Dále pak se demontují ovládací jističe FA1, FA2, FA3, FA1.2, FA2.2, FA3.2 a svorkovnice X1.1 a X1.2.

V poli 10 se doplní jistič FA1 pro propojení ovládacích obvodů.

V poli 11 demontovat pojistkový odpínač FU3 (nezapojený vývod).

V poli 12 vyměnit pojistkový spodek za pojistkový odpínač FU1, ampérmetr PA12.3 a vyměnit dva krycí plechy. Demontovat Q1, U3.

V poli 13 zrušit ampérmetr PA, voltmetr V1, přepínač VP1 a vyměnit rozváděčové dvířka za nové, dále vyměnit PA13.3. Dále demontovat ovládací jističe FA2, FA3 a nahradit stávající svorkovnici X1 novou o jiném počtu svorek.

V poli 14 vyměnit krycí plech, přístrojové transformátory proudu T14.1 a T14.2, demontovat X1, Q1.

V poli 15 zrušit voltmetry V15.1 a V15.2, pojistkové odpínače FUV3, FUV4 a vyměnit jeden krycí plech za nový.

V poli 16 se demontují ovládací jističe QF1, QF2, svorkovnice X3, kabel WL230 (vede do pole 6) a vymění se krycí plech. Demontování dvou nezapojených a neoznačených kabelů.

V poli 18 zrušit ampérmetr PA18.1 a vyměnit jedny rozváděčové dvířka za nové. Dále demontovat ovládací jističe FA1 (2x), FAM 1, svorkovnici X1.1 a X110. Demontování nezapojeného kabelu WS42.8 – 3DT4.

V poli 19 Doplnit jistič FA1 pro přívod ovládacího napětí, zrušit jistič F1, včetně 3 kabelů, svorkovnice X2.

Ve všech polích se vymění ovládací svorkovnice s napětím 220V DC. V současné době se ovládací napětí využívá jen pro měření frekvence na silových sběrných rozváděčích. Od hodnoty frekvence není odvozená žádná činnost a má pouze informační charakter. Z těchto důvodů může být měření frekvence po dobu opravy vypnuté. Výměna svorkovnice ovládacího napětí, lze provést, znalými pracovníky s odpovídající kvalifikací, bez vypnutí silových obvodů.

Pro rozvod ovládacího napětí se použijí nové kabely, nové svorkovnice budou umístěné na místě stávajících.

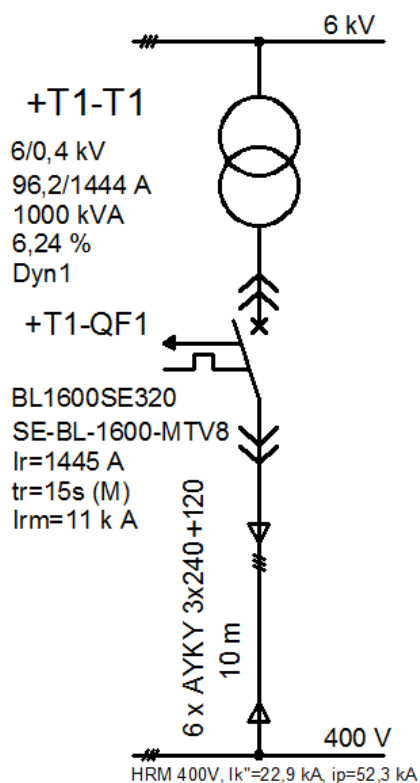
V rozváděči budou nově použity jističe s vyšší jmenovitou mezní zkratovou vypínací schopností $I_{cu} = 65\text{kA}$, místo dosud používanou $I_{cu} = 36\text{kA}$. Důvod je, že s jističi se manipuluje ručně na páce přístroje a v případě použití pojistek 630A gG při paralelnímu chodu transformátorů dosahuje spočtený $i_o = 43,7\text{kA}$. Použitím jističího prvku s vyšší zkratovou odolností dojde ke snížení rizika úrazu elektrickým proudem při manipulaci s jističem pod zátěží.

5. Sichr – výpočtový program paprskových sítí nn

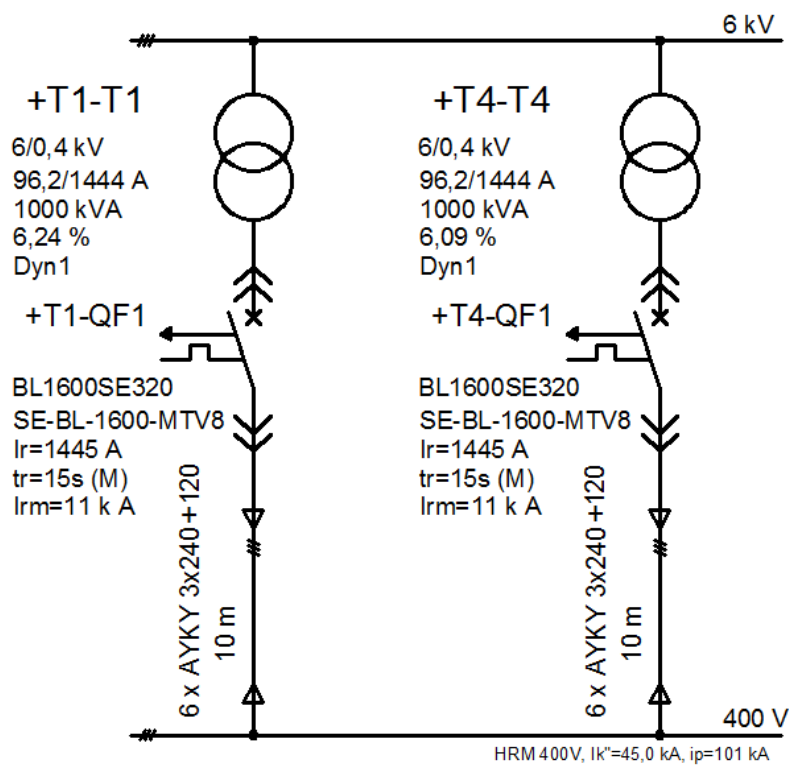
Výpočtový program firmy OEZ s.r.o. je určený k výpočtům paprskovitých sítí TN-C, TN-C-S a IT sítě na obvyklých hladinách nn. V programu lze zadat jističí a spínací prvky, proudové chrániče a svodiče přepětí z produkce firmy OEZ s.r.o. Kabele a transformátory lze doplňovat vlastními položkami. Program počítá zkratové proudy, které porovnává s mezní vypínací charakteristikou jističů a pojistek, včetně omezení proudů za omezujícími přístroji. Program kontroluje dimenzování kabelů jak z hlediska přetížení, tak z hlediska přenesené energie v oblasti zkratových proudů. Program dále počítá úbytek napětí a vyhodnocuje selektivitu mezi jednotlivými jističími prvky. Při výpočtu impedančních smyček umožňuje nastavit rozdílné časy vypnutí dle norem v jednotlivých částech rozdílně a ve výpočtu bere v úvahu impedanci celého obvodu a u kabelu bere v úvahu zvýšení činného odporu v závislosti na zvýšení teploty vlivem protékajícího proudu. Program umožňuje využít režim optimalizace, kde lze spočítat ekonomický optimální průřez ve vedení z hlediska minimalizace součtu pořizovacích a provozních nákladů. [5]

5.1 Zkratové proudy

Zkrat – je téměř bezodporové propojení obvodů ve dvou nebo více bodech obvodu s rozdílným potenciálem. Zkrat může být souměrný (třífázový), nebo nesouměrný (dvoufázový, jednofázový). Při zkratu protéká částí obvodu zkratový proud. U zkratových proudů uvažujeme o dynamických a tepelných účincích. Při zkratech protékají obvodem velké proudy. Zkrat je poruchový stav, který je třeba v co nejkratším čase vypnout. Použité jističe by měly vypínat zkratový do 30ms. Ochrana proti zkratu a nadproudu je v rozvaděči zajištěná příslušně dimenzovanými prvky. V případě, že je sekce rozváděče HRM400V napájena z jednoho transformátoru je spočtený počáteční rázový zkratový proud $I_k'' = 22,9\text{kA}$ a spočtený nárazový zkratový proud $i_p = 52,3\text{kA}$, v případě, že je sekce napájena paralelně zapojenými transformátory je spočtený počáteční rázový zkratový proud $I_k'' = 45,0\text{kA}$ a spočtený nárazový zkratový proud $i_p = 101\text{kA}$.



Obr. 7 - Zkratové poměry na sběrnách rozváděče HRM400V v případě napájení sekce z jednoho trafu



Obr. 8 - Zkratové poměry na sběrnách rozváděče HRM400V v případě paralelního chodu transformátorů

5.2 Ověření zkratového proudu výpočtem

Výpočty zkratových proudů byly prováděny v programu Sichr. V databázi software není typ transformátoru aTO 394/22. Tento typ transformátoru se v současnosti nevyrábí a zakoupit lze pouze repasované kusy. V programu byl použit transformátor s podobnými parametry.

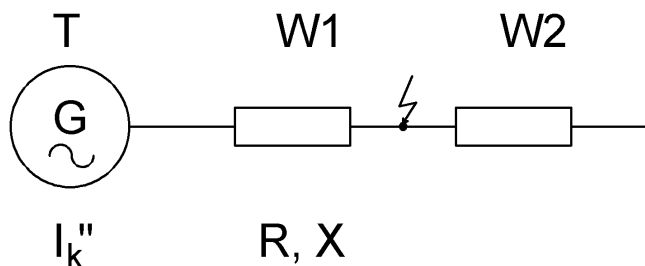
Kontrolní výpočet zkratového proudu sekundárního obvodu transformátoru T2, zda odpovídá transformátoru použitým ve výpočtovém programu.

Typ transformátoru: aTO 394/22

$S = 1 \text{ MVA}$; $U_1 = 6 \text{ kV}$; $U_2 = 0,38 \text{ kV}$; $I_1 = 96,2 \text{ A}$; $I_2 = 1444 \text{ A}$; $u_{k1} = 6,14 \%$

$$I_{2k} = \frac{I_2}{u_k} \cdot 100 = \frac{1444}{6,19} = 23518 \approx 23,5 \text{ [kA; A, \%]} \quad (1)$$

Vypočtená hodnota $I_{2k} = 23,5 \text{ kA}$ je blízká hodnotě transformátoru $I_k'' = 23,3 \text{ kA}$ použitým v programu Sichr.



Obr. 9 – Pomocné schéma pro ověření zkratových poměrů na sběrných sekce rozváděče HRM400V

Transformátor je připojen k sekci rozváděče HRM400V třemi paralelními kabely 3x AYKY 3x240+120mm² o délce 10m.

Parametry kabelů udávané výrobcem.

Činný odpor vodivých jader: 0,125Ω.km⁻¹

Indukčnost: 0,240mH.km⁻¹

Parametry kabelů přepočítané na 10m.

$R = 1,25 \text{ m}\Omega$

$X = 2,40 \mu\text{H}$

Výpočet impedance.

$$|Z| = \sqrt{R^2 + X^2} = \sqrt{(1,25 \cdot 10^{-3})^2 + (2,40 \cdot 10^{-6})^2} = 1,25 \cdot 10^{-3} \text{ [}\Omega\text{; m}\Omega\text{, }\mu\text{H]} \quad (2)$$

V tomto případě se může reaktance zanedbat, neprojeví se na prvních třech platných číslicích.

Výpočet impedance pro tři paralelní kabely.

$$\frac{1}{Z_c} = \frac{3}{Z} \Rightarrow Z_c = 4,16 \cdot 10^{-4} [\Omega; \Omega] \quad (3)$$

Impedanci transformátoru spočítám z počátečního rázového zkratového proudu I_{2k} . Napětí sekundárního obvodu použiji ze štítku transformátoru.

$$Z_T = \frac{U}{3^{0,5} \cdot I_{2k}} = \frac{380}{3^{0,5} \cdot 23500} = 9,35 [\text{m}\Omega; \text{V}, \text{A}] \quad (4)$$

K impedanci kabelů přičtu impedanci transformátoru a následně vypočítám I_{2k} za kabely na sběrných rozváděče HRM400V.

$$I_{2k} = \frac{U}{3^{0,5} \cdot (Z_c + Z_T)} = \frac{380}{3^{0,5} \cdot (4,16 \cdot 10^{-4} + 9,35 \cdot 10^{-3})} = 22,5 [\text{kA}; \text{V}, \Omega, \Omega] \quad (5)$$

Zkratový proud I_{2k} se za kabelem na sběrných rozváděče HRM400V omezí na hodnotu 22,5kA. Tento výpočet porovnám s hodnotou $I_k'' = 22,9\text{kA}$ získanou v programu Sichr. Tyto hodnoty jsou podobné a potvrzují možnost použít v programu Sichr hodnoty jiného parametry blízkého transformátoru.

Výpočet zkratového proudu v případě paralelního chodu transformátorů. Pro výpočet jsou použité výše zmiňované parametry transformátoru aTO 394/22. Transformátory se liší pouze v napětí nakrátko (transformátory T1 a T4). Impedance pro šest paralelních kabelů $Z_c = 2,08 \cdot 10^{-4} \text{m}\Omega$.

$$U_{k1} = 6,09 \%; u_{k2} = 6,24 \%$$

$$I_{2k} = \frac{\frac{I_2}{u_{k1} \cdot u_{k2}}}{u_{k1} + u_{k2}} \cdot 100 = \frac{\frac{1444}{6,09 \cdot 6,24}}{6,09 + 6,29} \cdot 100 = 47 [\text{kA}; \%, \%] \quad (6)$$

$$Z_T = \frac{U}{3^{0,5} \cdot I_{2k}} = \frac{380}{3^{0,5} \cdot 47 \cdot 10^3} = 4,67 [\text{m}\Omega; \text{V}, \text{A}] \quad (7)$$

$$I_{2k} = \frac{U}{3^{0,5} \cdot (Z_c + Z_T)} = \frac{380}{3^{0,5} \cdot (2,08 \cdot 10^{-4} + 4,67 \cdot 10^{-3})} = 45,0 [\text{kA}; \text{V}, \Omega, \Omega] \quad (8)$$

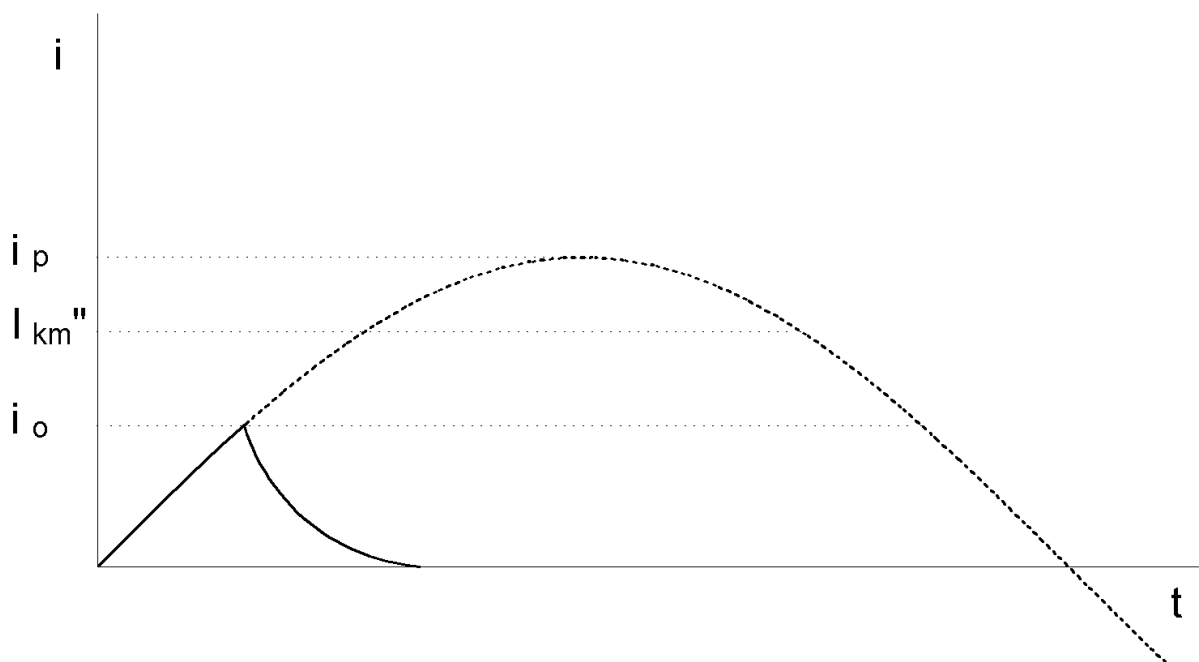
Vypočtená hodnota zkratového proudu na sběrných rozváděče při paralelním chodu transformátorů $I_{2k} = 45\text{kA}$ je shodná s hodnotou $I_k'' = 45\text{kA}$ získané z programu Sichr.

5.3 Omezení zkratových proudů

Zmenšit zkratové proudy můžeme zvýšením impedance obvodu (reaktory, rozdělení sítě na samostatné úseky, vyšší hodnoty napětí na krátko u transformátorů, zabránění paralelnímu chodu transformátorů) nebo omezením zkratového proudu na jisticích prvcích (pojistky, výkonové jističe s vysokou rychlostí odpojení).

Na většině vývodů v rozváděči HRM400V jsou vývodovým jističům předřazené pojistkové odpínače s nožovými pojistkami. A to ze dvou důvodů. Z důvodů viditelného rozpojení obvodů při zajišťování vývodu a z důvodu zmenšení zkratových proudů, zejména při paralelním chodu transformátorů. Princip jištění pojistkou je založený na úmyslně vytvořeném nejslabším místě v elektrickém obvodu. Při nárůstu proudu nad určitou hodnotu dojde k přetavení vodiče ve zúženém místě uvnitř pojistky a zapálený oblouk je uhašen zejména nárůstem tlaku a křemičitým pískem. K omezení zkratového proudu dojde přerušením elektrického obvodu v pojistce, dříve než první půlka dosáhne své maximální hodnoty.

Použití pojistek k omezení zkratového proudu umožní v rozváděči HRM400V použít přístroje s nižší zkratovou odolností než je spočítaný zkratový proud při paralelním chodu transformátorů: počáteční rázový zkratový proud $I_k'' = 45,0\text{kA}$ a nárazový zkratový proud $i_p = 101\text{kA}$. Při použití nožových pojistek 630A s charakteristikou gG je vrcholová hodnota omezeného zkratového proudu (maximální hodnota) $i_o = 43,7\text{kA}$.



Obr. 10 - Omezení zkratových proudů na první půlce před dosažením maximální hodnoty

5.4 Paralelní chod transformátorů

Paralelní chod transformátorů vznikne připojením sekundárních vinutí transformátorů na společnou sběrnici. Z důvodů zejména předcházení vzniku velkých vyrovnávacích proudů jsou stanoveny podmínky pro provozování paralelního chodu a to stejný převod napětí, stejný hodinový úhel fází a přibližně stejné napětí nakrátko.

V případě rozdílného napětí nakrátko je dovolená tolerance 10 %. Použití transformátorů s rozdílným napětím nakrátko nemá vliv na vyrovnávací proud. Transformátor s nižší impedancí převezme v soustavě vyšší výkon. Další podmínky pro paralelní chod, stejný výkon a stejný hodinový úhel jsou splněny. [8]

$$\frac{u_{kA}}{u_{kB}} = \frac{6,09}{6,24} \approx 0,976 \Rightarrow 97,5 \text{ [%; %, %]} \quad (9)$$

$$\eta_s = \frac{P_A + \frac{P_B \cdot u_{kA}}{u_{kB}}}{P_A + P_B} = \frac{10^6 + 10^6 \cdot 0,976}{10^6 + 10^6} = 0,988 \text{ [-; W, W, %, %]} \quad (10)$$

účinnost soustavy pro $u_{kA} < u_{kB}$

V případě potřeby by se výkon 1,9MVA rozdělil mezi transformátory takto:

$$\begin{array}{ll} u_{kA} = 6,09 \text{ \%} & u_{kB} = 6,24 \text{ \%} \\ S_A = 1 \text{ MVA} & S_B = 1 \text{ MVA} \\ S = 1,9 \text{ MVA} & \end{array}$$

$$S_A = S \cdot \frac{u_{kB}}{u_{kA} + u_{kB}} = 1,9 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{6,24 \cdot 1900000}{6,09 + 6,24} \approx 961560 = 961,56 \text{ kVA} \quad (11)$$

$$(12) \quad S_B = S - S_A = 1900000 - 961560 = 938440 = 938,44 \text{ kVA}$$

5.5 Vypínací a zapínací schopnost

Pro volbu vhodného jističe potřebujeme znát jeho vypínací a zapínací schopnost, které porovnáváme s počátečním rázovým zkratovým proudem a nárazovým zkratovým proudem. Zapínací a vypínací parametry jističe udává výrobce, zkratové proudy pro dané místo v elektrickém obvodu zjišťujeme z výkresové dokumentace nebo tyto údaje dopočítáváme.

Jmenovitá mezní zkratová odolnost I_{cu} – (ČSN EN 60 947) proud při kterém jistič po jednom zapnutí a vypnutí nemusí být schopen další funkce. Jističe Modeion BD250 a BH630 jsou vyráběny ve dvou řadách jmenovité mezní zkratové odolnosti. Řada NORMAL s $I_{cu} = 36\text{kA}$ a řada SUPERIOR s $I_{cu} = 65\text{kA}$. [6]

Při výběru vhodného jističe musíme vzhledem ke zkratovým proudům v obvodu splnit dvě podmínky a to jmenovitá zkratová vypínací schopnost jističe I_{cn} , případně I_{cu} nebo I_{cs} , musí být větší nebo rovná počátečnímu rázovému zkratovému proudu I_k'' v daném místě obvodu a jmenovitá zkratová zapínací schopnost jističe I_{cm} musí být větší nebo rovna nárazovému zkratovému proudu i_p v daném místě obvodu.

Tabulka 3: Katalogové údaje BD250, BH630 [6]

Parametr	NORMAL	SUPERIOR
I_{cu}	36kA	65kA
I_{cs}	18kA	36kA
I_{cm}	75kA	140kA

Situace na sběrných rozváděči HRM400V při napájení z jednoho transformátoru:

$I_k'' = 22,9\text{kA}$; $i_p = 52,3\text{kA}$

Situace na sběrných rozváděči HRM400V při paralelním chodu transformátorů:

$I_k'' = 45\text{kA}$; $i_p = 101\text{kA}$

Omezení zkratového proudu za pojistkou 500A gG: $i_o = 36,2\text{kA}$.

Omezení zkratového proudu za pojistkou 630A gG: $i_o = 43,7\text{kA}$.

Za pojistkovými odpínači lze použít i řada NORMAL. Řadu SUPERIOR jsem volil z hlediska větší bezpečnosti při manipulaci na páce jističe a z hlediska snížení výskytu poruchy při vypnutí nebo zapnutí jističe při zkratovém proudu.

5.6 Selektivita jištění

Jedním z požadavků na jistící přístroje je jejich vzájemná selektivita. Znamená to, že v případě poruchy dojde vypnutí nejbližší nadřazeného jistícího prvku směrem ke zdroji a ostatní nadřazené jistící přístroje zůstanou nevybavené. Správné nastavení selektivity zvýší provozní spolehlivost. K vypnutí dojde jen pro postiženou část obvodu (paprsku sítě), doba dohledání poruchy provozním elektrikářem je kratší. Selektivitu jištění jsem ověřoval v programu Sichr. Selektivita dle programu Sichr může být plně selektivní, selektivní minimálně do konkrétní hodnoty v A a jistící prvky nejsou selektivní.

5.7 Výběr a nastavení nadproudových spouští

V rozváděči HRM400V navrhuji u nových jističů použít nadproudové spouště DTV-3 a MTV-8. Nadproudová spoušť DTV-3 je výrobcem doporučena jako optimální pro vedení a distribuční transformátory. Umožňuje nastavit hodnoty redukováný proud I_r , proud zkratové spouště I_m a tepelnou paměť T. Nadproudová spoušť MTV-8 v režimu TV je výrobcem doporučovaná jako rozšířená pro vedení a distribuční transformátory a v režimu M jako optimální pro motory. Umožňuje nastavit hodnoty redukováný zkratový proud I_r , režim TV nebo M, tepelnou paměť T, zpoždění tepelné spouště t_r , proud zkratové spouště I_m a zpoždění zkratové spouště (50ms). Ve většině případu jsem volil nadproudovou spoušť MTV-8 aby mohla být nastavená selektivně s jističem v podružném rozváděči a aby bylo umožněno reagovat na změnu v nastavení spouště u podružného rozváděče bez změny nadproudové spouště. [4]

6. Ověření selektivity v programu Sichr

Nejdříve jsem provedl sběr dat pochůzkou na místě. Dohledával jsem štítky kabelů a zapisoval typy a nastavené parametry jisticích prvků jak v rozváděči HRM400V, tak na straně podružných rozváděčů. Tyto údaje byly použité v programu Sichr. V programu jsem nezadával proudové parametry vývodu, protože jsem neověřoval impedanční smyčky a úbytky napětí. Možnost ovlivnit nastavení nadproudové spouště jsem měl pouze v rozváděči HRM400V. Nastavení jisticích prvků v podružných rozváděčích jsem dle požadavku zadavatele nechal původní. Podružné rozvaděče je možné v případě potřeby přepojit na okružní vedení. Kromě požadavku na selektivitu, je požadavek ze strany zadavatele také na předcházení nežádoucímu vypnutí během normálního provozu. Proto se každý podružný rozváděč bude řešit samostatně, mimo rozsah této práce. Další omezení dle požadavku zadavatele je maximální pojistka na vývodu 630A gG a ponechání nastavení režimu M u spouště typu MTV8 na vývodu 18.2. Při ověřování selektivity a nastavování nadproudových spouští jsem dodržoval nastavení nižší hodnoty redukováného proudu na vývodním jističi než proud dovoleného zatížení krajního vodiče $I_r < I_z$.

Délka kabelu k jednotlivým podružným rozváděčům byla stanovena kvalifikovaným odhadem na základě situačního výkresu. [9]

Uvedení postupu řešení na vývodu 4.2:

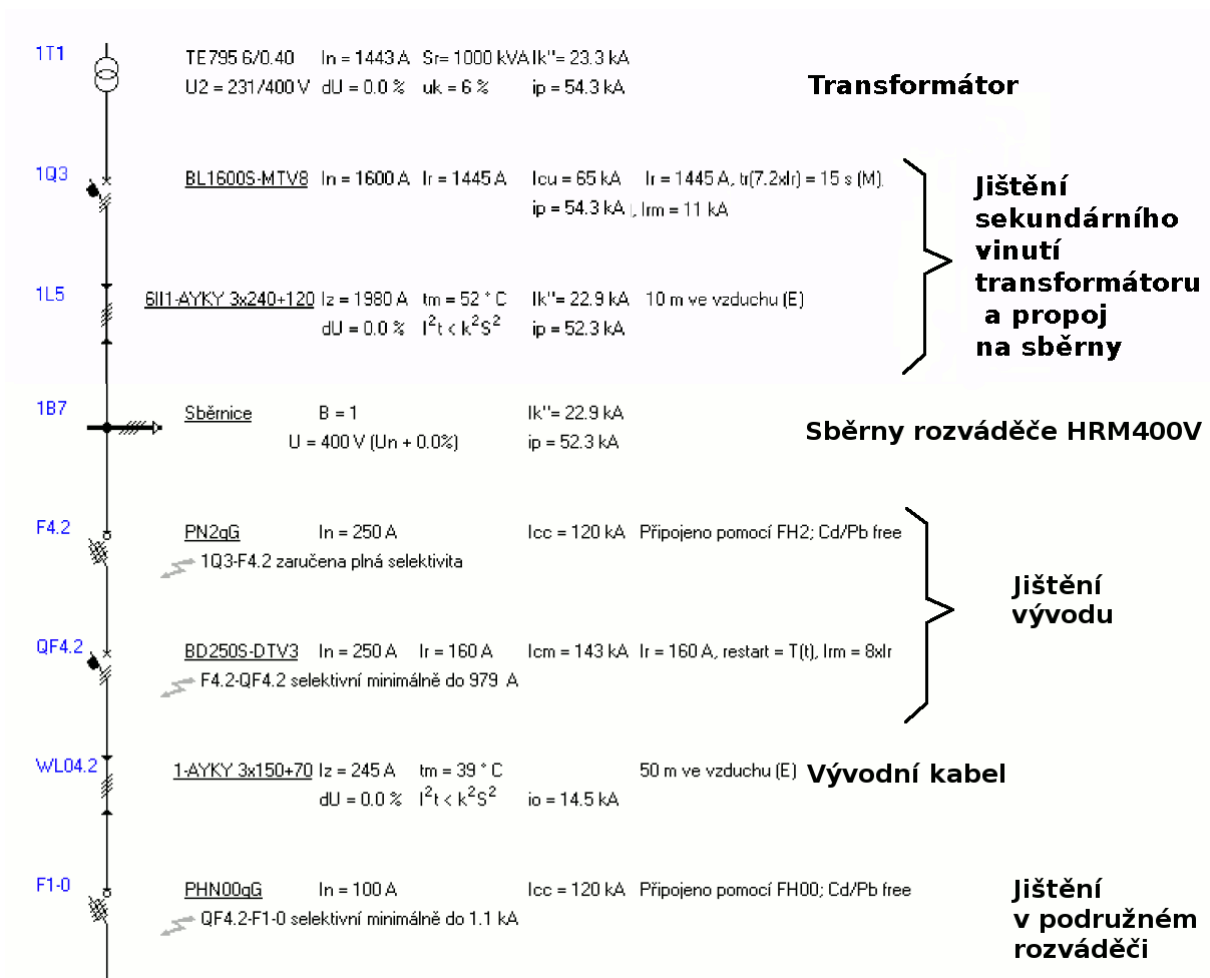
Zjištěné údaje:

Vývod 4.2 – Rozváděč RM12, přívod 1. Kladkostroje.

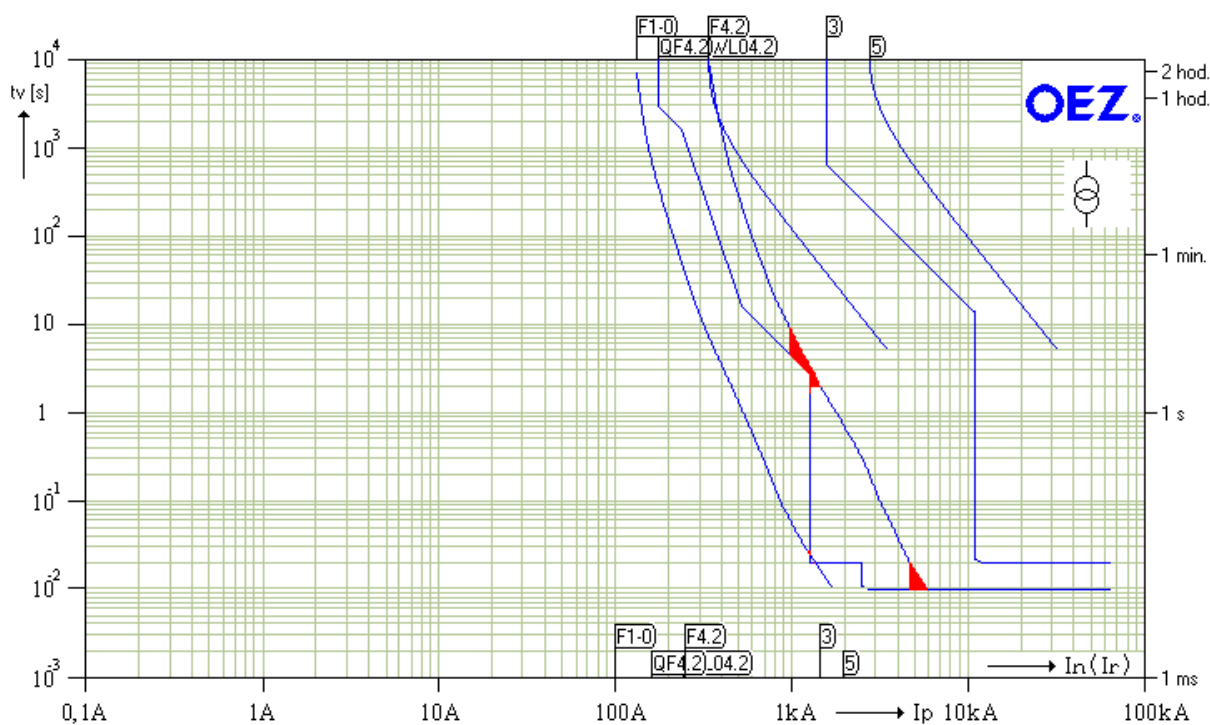
Vývod je osazený pojistkovým odpínačem F4.2 – FH2-3S s pojistkami PN2, 250A gG a vývodovým jističem QF4.2 – BD250SE305, nadproudová spoušť SE-BD-0250-DTV3, nastavení $I_n=160A$, $I_r=210A$, T(t), $I_m=8 \times I_r$.

Pojistkový odpínač v podružném rozváděči F1-0 v RM12 – DIN NH00 s pojistkami PHN00, 100A gF1.

Propoj je realizován kabelem WL04.2 – AYKY 3x150+75mm² o délce 50m.



Obr. 11 – Zadání zjištěných a určených parametrů v programu Sichr



Obr. 12 – Grafický výstup z programu Sicr v režimu selektivita

Odečtené výsledky z programu Sicr:

Pojistkový odpínač F4.2 je plně selektivní k sekundárnímu jištění transformátoru.

Mezi F4.2 a QF4.2 selektivita minimálně do 979A.

Mezi QF4.2 a F1-0 selektivita minimálně do 1,1kA.

Nastavení nadproudové spouště, vzhledem ke kabelu odpovídá $I_Z > I_r$.

Následně jsem zjištěné údaje z programu Sicr zpracoval do tabulky č. 2.

Soubory použité při vyhodnocování selektivity v programu Sicr, včetně jejich exportu do formátu PDF jsou součástí příloha 5: CD médium s nepřikládanými přílohami.

Poznámky k tabulce č.2

- Selektivita vývodového jističe k pojistce – jen, když se jedná o vývod vybavený pojistkovým odpínačem a vývodovým jističem
- Selektivita 2. jističího prvku k 1. v podružném rozváděči – jen, když je přívodní jištění v podružném rozváděči vybaveno dvěma jističí prvky (nejčastěji: pojistka - jistič)

Tabulka 4: Přehled selektivity vývodů z rozváděče HRM400V

Vývod	Selektivita vývodového jištění k jištění sekundárního obvodu transformátoru	Selektivita vývodového jističe k pojistce	Selektivita jištění přívodu v podružném rozdávěči k vývodovému jištění	Selektivita 2. jistíciho prvku k 1. v podružném rozdávěči
2.1	minimálně do 1,4kA	-	minimálně do 1,0kA	-
3.1	plně	minimálně do 594A	není	minimálně do 738A
3.2	plně	není	není	-
3.3	plně	minimálně do 594A	minimálně do 607A	-
4.1	plně	minimálně do 822A	není	-
4.2	plně	minimálně do 979A	minimálně do 1,1kA	-
5.1	plně	minimálně do 1,4kA	není	není
5.2	plně	minimálně do 1,5kA	není	není
5.3	plně	minimálně do 985A	minimálně do 1,6kA	-
7.1	plně	minimálně do 7,1 kA	není	-
7.2	plně	minimálně do 2,7kA	není	minimálně do 7,1kA
7.3	plně	minimálně do 1,1kA	minimálně do 478A	-
8.1	minimálně do 1,6kA	-	není	-
9.1	minimálně do 1,4kA	-	minimálně do 6,0kA	-
10.3	plně	ověřena do 21,0kA	minimálně do 1,3kA	není
12.1	plně	minimálně do 1,8kA	není	-
12.3	plně	minimálně do 4,3kA	není	-
13.2	minimálně do 1,4kA	-	minimálně do 6,0kA	-
14.1	plně	minimálně do 822A	není	-
14.2	plně	minimálně do 2,5kA	není	-
14.3	plně	minimálně do 1,4kA	není	-
15.1	plně	minimálně do 1,8kA	minimálně do 533A	-
15.2	plně	minimálně do 3,0kA	není	minimálně do 805A
17.1	plně	minimálně do 521A	minimálně do 345A	-
17.2	plně	minimálně do 2,6kA	není	ověřená do 14,0kA
17.3	plně	minimálně do 1,4kA	není	není
18.2	minimálně do 1,6kA	-	není	-
19.1	plně	minimálně do 937A	není	není
19.2	plně	minimálně do 368A	není	-
19.3	plně	ověřená do 21,0kA	není	minimálně do 7,1kA

6.1 Dimenzování kabelů

Kabely a vodiče dimenzujeme z hlediska více kritérií: přípustné oteplení vodiče, dovolený úbytek napětí, s ohledem na účinky zkratového proudu, z hlediska impedanční smyčky, hospodárnosti provozu, s ohledem na mechanické namáhání, konstrukci jádra a izolace vodiče.

Při dimenzování kabelů postupujeme takto, nejprve určíme výpočtový proud I_v , zvolíme jistící přístroje, navrhujeme druh kabelů, včetně průřezu vodiče podle vypočteného proudu a způsobu uložení, následně vypočteme zkratový proud a ověříme vypočtené hodnoty s tabulkovými hodnotami kabelu. Dále ověříme zda navržený kabel splňuje požadavky na správnou funkci ochrany, hospodárnost (cena kabelu a cena elektrické energie), mechanickou odolnost a požadavky na plášť kabelu a jádro vodiče.

Důsledné navržení vhodného kabelu je často časově poměrně náročná činnost a proto se využívají podpůrné prostředky jako tabulky, nastavitelná pravítka a v poslední době nejčastěji software.

Dimenzování kabelů v programu Sichr. V programu vyplníme parametry kabelu, nebo můžeme využít předdefinované Cu a Al kabely. V programu vyplňujeme délku, typ včetně průřezu kabelu, počet paralelních kabelů, referenční způsob uložení a stanovujeme koeficient k . Koeficient k ovlivňuje referenční způsob uložení, teplota okolí, způsob uložení, uspořádání seskupených obvodů, počet seskupených obvodů na lávce a počet lávek. V případě, že chceme využít nabídku software pro optimalizaci průřezu kabelu musíme vyplnit kolonky: cena kabelů, cena elektrické energie, ekonomická životnost vedení, doba plných ztrát, volitelně pak diskontní sazba, roční nárůst zařízení a roční nárůst ceny elektrické energie. Pro výpočet musí být rovněž vyplněné parametry vývodu. [5]

Při vypracování této práce jsem neměnil stávající kabelové vývody a v programu Sichr nevyplňoval hodnoty vývodu (proud, účinník). Ověřoval jsem nastavení nadproudového jištění vývodových jističů vzhledem ke stávajícím kabelům s ohledem na jejich oteplení.

7. Rozpočet

Rozpočet je požadovaný u všech rozsáhlejších projektů, zejména pokud se při realizaci využívají outsourcingové firmy. Spolu s dokumentací tvoří podklady pro rozhodnutí o realizaci akce. Rozpočet musí mít položkovou a celkovou část. V rozpočtu jsou použité aktuální ceny dle ceníku. Rozpočet je provedený na základě technické specifikace, která je přílohou této práce.

7.1 Technická specifikace

Nedílnou součástí projektu je specifikace přístrojů a montážního vybavení. Na základě specifikace se sestavuje rozpočet, sestavuje se nabídka ceny za realizaci projektu. Ve specifikaci je uvedeno typy nových přístrojů, jejich počet, jejich označení v dokumentaci, umístění, dále jsou zde uvedeny požadavky na montážní materiál, demontáže a požadavky na jiné profese, například zámečnické práce. Součástí specifikace uvedené v příloze nejsou náklady na výkresovou dokumentaci a revize elektrických zařízení.

Tabulka 5: Rozpočet rozváděče HRM400V podle polí v Kč

	Dodávka	Montáž	Nosný materiál	Demontáž	Celkem
Pole č. 2	4735,56	5006,15	258,51	1439,90	11440,12
Pole č. 3	12046,85	1800,30	462,11	1395,90	15705,16
Pole č. 4	45933,02	3854,60	1912,76	1851,40	53551,78
Pole č. 5	148084,46	7622,93	4321,42	4488,03	164516,84
Pole č. 6	1035,14	1831,80	48,51	443,25	3358,70
Pole č. 7	89988,54	4382,20	3484,11	1902,80	99757,65
Pole č. 8	11446,38	1876,75	152,11	1543,95	15019,19
Pole č. 9	2107,44	4849,51	48,51	1500,76	8506,22
Pole č. 10	11397,75	1152,60	200,62	603,80	13354,77
Pole č. 11	375,00	208,40	0,00	0,00	583,40
Pole č. 12	127272,27	7893,20	3154,07	3710,90	142030,44
Pole č. 13	3788,57	4899,35	2375,42	663,10	11726,44
Pole č. 14	128073,95	5869,85	2474,30	3055,95	139474,05
Pole č. 15	83333,92	4001,00	1333,08	1818,20	90486,20
Pole č. 16	1035,14	2366,60	48,51	974,20	4424,45
Pole č. 17	20752,34	1892,30	1011,71	1024,40	24680,75
Pole č. 18	13602,88	4168,05	152,11	2223,45	2854,95
Pole č. 19	39508,47	6032,40	817,95	5258,50	51617,32
Celkem	744517,68	69707,99	22255,81	33898,49	853088,43

7.2 Údaje z krycího listu rozpočtu

A – Základní rozpočtové náklady

1 – HSV	Dodávky	Kč 0,00
2	Montáž	Kč 0,00
3 – PSV	Dodávky	Kč 0,00
4	Montáž	Kč 0,00
5 – „M“	Dodávky	Kč 744517,68
6	Montáž	Kč 69707,99
7	Nosný materiál	Kč 22255,81
8 – ZRN (řádek 1-7)		Kč 836481,48

B – Doplnkové náklady

9 – Práce přesčas	Kč 0,00
10 – Bez pevné podl.	Kč 0,00
11 – Kulturní památka	Kč 0,00
12	Kč 0,00
13 – DN (řádek 9-12)	Kč 0,00

C – Náklady na umístění stavby

14 – Zařízení staveniště (8,40 %)	Kč 5855,47
15 – Mimostavební doprava (3,60 %)	Kč 26802,64
16 – Územní vliv (0,00 %)	Kč 0,00
17 – Provozní vlivy (3,60 %)	Kč 2509,49
18 – Ostatní (1,00 %)	Kč 7445,18
19 – NUS z rozpočtu	Kč 0,00
20 – NUS (řádek 14-19)	Kč 42612,78

21 – HZS	Kč 0,00
22 – Kompletační činnost	Kč 0,00
23 – Ostatní náklady	Kč 0,00

D – Celkové náklady

24 – Součet (řádek 8, 13, 20-23)	Kč 879094,26
25 – DPH (14 % z 0,00)	Kč 0,00
26 – DPH (20 % z 879094,26)	Kč 175818,90
27 – Cena s DPH (řádek 24-26)	Kč 1054913,16

E – Přípočty a odpočty

28 – Dodávka zadavatele	Kč 0,00
29 – Klouzavá doložka	Kč 0,00
30 – Zvýhodnění + -	Kč 0,00

8. Rozvaha

Rozvaha poskytuje základní informace o struktuře majetku účetní jednotky, kolik majetku vložili vlastníci, jaký zisk nebo ztráty účetní jednotka vytvořila a kolik má dluhů. Rozvahu za běžný rok porovnáváme s rokem minulým. Rozvaha se dělí na aktiva a pasiva. Aktiva jsou majetek (dlouhodobý hmotný, nehmotný a finanční majetek) a oběžná aktiva (zásoby, pohledávky, aktivní účty, peněžní prostředky). Pasiva jsou zdroje krytí majetku, vlastní kapitál (základní kapitál, fondy, výsledky hospodaření běžného roku a minulého období) a cizí zdroje (rezervy, dlouhodobé a krátkodobé závazky, pasivní účty). Aktiva i pasiva jsou rozděleny do skupin a jednotlivé skupiny jsou označeny velkými písmeny latinské abecedy, aktiva A až D, pasiva A až C. Podskupiny se označují římskými číslicemi.

Struktura aktiv:

- A. Pohledávky za upsaný základní majetek
- B. Dlouhodobý majetek
 - B.I. Dlouhodobý nehmotný majetek
 - B.II. Dlouhodobý hmotný majetek
 - B.III. Dlouhodobý finanční majetek
- C. Oběžná aktiva
 - C.I. Zásoby
 - C.II Dlouhodobé pohledávky
 - C.III Krátkodobé pohledávky
 - C.IV. Krátkodobý finanční majetek
- D. Časové rozlišení

Struktura pasiv:

- A. Vlastní kapitál
 - A.I. Základní kapitál
 - A.II. Kapitálové fondy
 - A.III. Rezervní fondy, nedělitelný fond a ostatní fondy ze zisku
 - A.IV. Výsledek hospodaření minulých let
 - A.V. Výsledek hospodaření běžného roku
- B. Cizí zdroje
 - B.I. Rezervy
 - B.II. Dlouhodobé závazky
 - B.III. Krátkodobé závazky
 - B.IV. Bankovní úvěry a výpomoci
- C. Časové rozlišení

Odpis je částka v korunách, kterou se vyjadřuje fyzické a morální opotřebení majetku za časové období. Odpis v účetnictví (účetní odpisy) slouží ke zjištění skutečné hodnoty majetku a k zjištění jeho opotřebení. Cena majetku se plně odepíše za dobu jeho životnosti. Cena majetku se rozpočítá na

jednotlivé roky životnosti a každý rok po dobu životnosti se tato částka odčítá. Pokud se zařízení aktivuje (protokol – co, kdy, životnost) v průběhu roku, tak za první rok se odpočítává poměrový odpočet podle doby mezi aktivací a koncem roku.

$$\text{roční odpis} = \frac{\text{cena zařízení}}{\text{životnost zařízení}} \quad [\text{Kč; Kč, roky}] \quad (13)$$

$$\text{roční odpis} = \frac{1054913,16}{15} = 70327,54 \text{ Kč}$$

Výkaz zisku a ztrát – informuje o finanční výkonnosti podniku. Dohledáme zde informace o nákladech, výnosech a hospodářském výsledku. Aktiva a pasiva se zde prolínají, upřednostňuje se přehlednost hospodářského výsledku v potřebném členění.

Rekonstrukce

zásah do majetku, který má za následek změnu jeho účelu nebo technických parametrů.

8.1 Modernizace

rozšíření vybavenosti nebo použitelnosti majetku. U stávajícího zařízení dojde ke zlepšení jeho parametrů, tzv. k technickému zhodnocení. Dále jsou to výdaje na dokončení nástavby, přístavby a stavební úpravy, rekonstrukce a modernizace majetku (pokud převyší u jednotlivého majetku za zdaňovací období částku Kč 40000).

Aktiva B.II.3. Samostatné movité věci a soubory movitých věcí

navýší se cena majetku o Kč 1054913,16

Pasiva B.III.1. Závazky z obchodních vztahů

vznikne dluh Kč 1054913,16

splatnost 30 dnů

Aktiva C.IV.2 Účty v bankách

sníží se o částku k úhradě ve výši Kč 1054913,16

Pasiva B.III.1. Závazky z obchodních vztahů

dluh za rekonstrukci se po zaplacení sníží na Kč 0

odpisy – 15 let

Aktiva B.II.3. Samostatné movité věci a soubory movitých věcí

postupně se 15 let odepisuje navýšení ceny majetku, tj. Kč 70327,54

Výkaz zisků a ztrát

*** Výsledek hospodaření za účetní období (+/-)

sníží se každý rok po dobu odpisů o částku ve výši ročního odpisu, tj. Kč 70327,54

8.2 Oprava

Technologický postup nebo soubor činností jimiž se poškozená nebo opotřebovaná věc uvede do použitelného stavu, aniž by byly změněny původní parametry. Cena za opravu se počítá do nákladů, ale nezvýší se cena majetku. U oprav se nemění technické parametry a nestanovuje se životnost zařízení.

Pasiva B.III.1. Závazky z obchodních vztahů
vznikne dluh ve výši Kč 1054913,16

splatnost 30 dnů

Aktiva C.IV.2. Účty v bankách
sníží se o částku k úhradě tj. Kč 1054913,16

Výkaz zisků a ztrát

B.2. Služby

zvýší se náklady o Kč 1054913,16

*** Výsledek hospodaření za účetní období (+/-)

sníží se o celou částku k úhradě o Kč 1054913,16

Snahou daňových poplatníků je provádět úpravy na stávajícím zařízení, tak aby šly deklarovat jako oprava. V těchto případech se pak důsledně kontroluje zda nedochází ke změnám technických parametrů, nebo jiných hledisek z definice modernizace a předchází se tím případné střety s kontrolními orgány.

9. Analýza bakalářské práce

SWOT analýza je univerzální analytická metoda hodnocení vnitřních a vnějších faktorů. Vnitřní faktory zahrnují silné a slabé stránky systému, vnější faktory zahrnují příležitost a hrozby související s okolím systému. Její použití je poměrně široké a lze ji použít jako širší součást řízení rizik. Zahrnuje pak klíčové zdroje rizik, pomáhá uvědomit si rizika a nastavit opatření pro jejich snížení. Vnější faktory je nutné jasně určit, které se vztahují vzhledem k analyzovanému problému.

Vnitřní část se týká řešeného objektu, uvádím zde co je v projektu zdárně vyřešeno a co se v projektu neřešilo, tzv. seznam kladů a záporu práce.

Vnější část okolí řešeného problému, tedy souvislosti, které nemůžu řešit, ale daný projekt významně ovlivňují. Tedy věci, které ohrožují a věci které vytvářejí příležitosti.

Tabulka 6: SWOT analýza bakalářské práce

SWOT		
Přednosti	Silné stránky	Příležitost
	<ul style="list-style-type: none"> - Snížení pravděpodobnosti výskytu poruchy - Možnost realizovat po částech - Odstraněny balastní obvody - Demontáž nevyužitých přístrojů - Související přístroje společně v poli - Doplnění zkušební svorkovnice u elektroměru 	<ul style="list-style-type: none"> - Doplnit dálkový odečet z elektroměru - Zvýšit krytí rozváděče - Zvýšit selektivitu vzhledem k podružným rozváděčům - Aktualizovat názvy vývodů - Zpřehlednění rozváděče (rozmístění a identifikace vývodů)
Nedostatky	Slabé stránky	Hrozby
	<ul style="list-style-type: none"> - Neřešeny impedanční smyčky - Neřešeny sběrný - Neřešeny změny v jiných rozváděčích - Neřešeny kombinace zásoku transformátorů 	<ul style="list-style-type: none"> - Zapínání a vypínání na páce jističe - Stávající odpojovače bez pohonu - Manipulace s odpojovači v rizikových polohách
	vnitřní	vnější

10. Závěr

V bakalářské práci jsem zakreslil navrhovaný stav rozváděče HRM 400V, ověřil v software selektivitu mezi sekundárním jištěním transformátorů, jištěním vývodu v rozváděči HRM 400V pole 2 až 19 a přívodním jištěním v podružných rozváděčích napájených z rozváděče HRM 400V. Součástí bakalářské práce je technická specifikace, kde jsou uvedené položky potřebné pro rekonstrukci rozváděče HRM 400V a určil cenu za materiál a montážních prací dle platných cen.

Součástí rekonstrukce rozváděče je odstranění nevyužívaných ovládacích obvodů a výměna svorkovnic před elektroměrem, které umožní odpojit elektroměr aniž by se muselo přistoupit k vypnutí vývodu. Při vypracování této práce vzniklo větší množství pomocných pracovních výkresů zachycujících stávající stav. Tyto výkresy v případě zájmu mohou být předané zadavateli tématu.

Zadání bakalářské práce pochází z firmy ENERGETIKA TŘINEC, a. s. a je vypracovaná pro tuto firmu. Při vypracování této práce jsem přihlížel k požadavkům zadavatele. Navrhované změny je možné provádět po částech, jednotlivé sekce rozváděče lze uvádět do beznapětového stavu, dále lze uvést vývod do beznapětového stavu za pojistkovým odpínačem nebo za odpojovačem. Většinu změn lze provést bez navýšení technických parametrů a lze realizovat v rámci oprav. Tyto změny v rámci rekonstrukce rozváděče HRM400V, pokud se budou provádět po částech, lze začít realizovat ve čtvrtém čtvrtletí roku 2012.

Na tuto práci je možné navázat souvisejícími projekty dálkový odečet elektroměrů, rekonstrukce rozváděče RM10, dálkové ovládání vývodových jističů a selektivita přívodního jištění podružných rozváděčů.

Při této práci jsem se seznámil se situováním a vzájemným propojením rozváděčů na napětové hladině 400V AC v objektu teplárny E2 a s jejím významem pro chod provozu, se souvisejícími technologiemi při výrobě elektrické energie a teplé vody, včetně jejich distribuce, s ekonomickými ukazateli zveřejňovanými ve výročních zprávách a s typografickými pravidly používanými v textových procesorech.

11. Seznam použité literatury a zdrojů

- [1] ŠTOHL, Pavel. *Učebnice účetnictví 2009 pro střední školy a veřejnost 2. díl*. 10. upravené vydání Znojmo: Vzdělávací středisko Ing. Pavel Štohl, 2009. 206 s. ISBN 978-80-87237-13-7
- [2] PRUDKÝ, Pavel – LOŠŤÁK, Milan. *Jak vyplnit daňové přiznání k dani z příjmů fyzických osob za rok 2011*. 19. aktualizované vydání Olomouc: ANAG, spol. s r.o., 2011. 335 s. ISBN 978-80-7263-710-2
- [3] *Výroční zpráva, Annual Report 2010 ENERGETIKA TŘINEC, a. s.*, Ostrava: AHA TRADING, s. r. o., 2011. 89 s.
- [4] *Modeion, Příručka: Nadproudové spouště*. Letohrad: OEZ s.r.o., 2012. 36 s.
- [5] *Sichr, Manuál výpočtového programu*. Letohrad: OEZ s.r.o., 2011. 88 s.
- [6] *Modeion, Kompaktní jističe*. Letohrad: OEZ s.r.o., 2011. 276 s.
- [7] ŠOTKOVSKÝ, Josef. *PROTOKOL č. 1/E2/2010 o určení vnějších vlivů*. Třinec: 2010. 17 s.
- [8] MEČISLAV, Hudeček. *Metodika projektování elektrických sítí*. Grafická úprava Miroslava Vyskočilová. Český Těšín: AD Servis, spol. s r.o., 2011. 350 s.
- [9] BOČKOVÁ. *Výkres: Kotelna E2 – Stávající stav, Půdorys podlaží ±0,00m*. Praha: ÚJV Řež a. s. - divize ENERGOPROJEKT PRAHA, 2003. A1. EPG 5040-A006003

Použitý software:

AutoCAD LT [CD-ROM]. Ver. 2012 – Czech SP1. Autodesk, Inc. 2011. Počítačový program pro přesné kreslení ve 2D

EPLAN Electric P8 [CD-ROM]. Ver. Select 2.1. EPLAN Software & Service GmbH&Co. KG. 2011. Počítačový program pro projektování v elektrotechnice

GIMP [online]. Ver. 2.6.11. 2008. Počítačový program pro editaci rastrových obrázků. Dostupný z URL <<http://www.gimp.cz/ke-stazeni>>

KROS plus [CD-ROM]. Ver. 15, ver. databáze 10.9b.28. ÚRS PRAHA a. s. 2012. Počítačový program pro oceňování stavebních prací

OpenOffice [online]. Ver. 3.3.0. Oracle. 2010. Počítačový program – textový procesor. Dostupný z URL <<http://www.openoffice.cz/stahnout>>

Sichr [online]. Ver. 12.00. OEZ s.r.o. 2012. Počítačový program pro výpočty parametrů paprskových sítí nn. Dostupný z URL <<http://www.oez.cz/ke-stazeni>>.

12. Seznam příloh

Příloha 1: Jednopolové schéma rozváděče HRM400V. 1x A2 (prodloužený)

Příloha 2: Výkresová dokumentace rekonstrukce rozváděče HRM400V, pohled, OSHO, OSPO. 70xA4

Příloha 3: Technická specifikace. 23x A4

Příloha 4: CD médium s digitální verzí bakalářské práce

Příloha 5: CD médium s nepřikládanými přílohami (Ověření selektivity. 61x A4)